

*Studi Pengembangan Sistem Pembangkit Listrik Wilayah Batam dengan Opsi Nuklir*  
(Elok S. Amitayani, Ida N. Finahari, Suparman)

## STUDI PENGEMBANGAN SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK WILAYAH BATAM DENGAN OPSI NUKLIR

**Elok S. Amitayani, Ida N. Finahari, Suparman**  
Pusat Pengembangan Energi Nuklir (PPEN) – BATAN  
Jl. Kuningan Barat, Mampang Prapatan, Jakarta 12710  
Telp./Faks.: 021-5204243, Email: [eloksa@batan.go.id](mailto:eloksa@batan.go.id)

Masuk: 2 Oktober 2009

Direvisi: 12 Oktober 2010

Diterima: 13 November 2010

### ABTRAK.

**STUDI PENGEMBANGAN SISTEM KELISTRIKAN LISTRIK WILAYAH BATAM DENGAN OPSI NUKLIR.** Sebagai kawasan ekonomi khusus yang menitikberatkan pada sektor industri dan jasa, Batam membutuhkan dukungan energi listrik yang ekonomis dan handal. Saat ini, beberapa pembangkit di Batam masih merupakan pembangkit diesel yang kedudukannya semakin tergeser oleh pembangkit gas. Pertumbuhan beban yang mencapai 9,5% per tahun, seperti dinyatakan dalam RUPTL Batam tahun 2008, menyebabkan Batam akan kekurangan pembangkit pada awal tahun 2020. Keadaan ini membutuhkan pengembangan sistem pembangkitan. Jenis pembangkit yang akan dimasukkan (kandidat pembangkit) dalam rencana pengembangan sistem antara lain PLTU batu bara, PLTGU, dan PLTN, masing-masing sebesar 100 MWe. Studi dilakukan menggunakan paket program WASP-IV dari IAEA. Dasar pengembangan sistem adalah total biaya terkecil dari keseluruhan biaya yang meliputi biaya kapital, biaya bahan bakar, biaya operasi dan pemeliharaan, nilai sisa investasi di akhir masa operasi, dan biaya energi tak terlayani. Berdasarkan prinsip ini, WASP akan mencari kombinasi kandidat pembangkit sedemikian sehingga total biaya yang dibutuhkan minimum. Studi dilakukan untuk periode waktu 2008-2027 dengan discount rate 10% dan harga bahan bakar gas dan batubara dikorelasikan dengan harga minyak 60 US\$/barrel. Berdasarkan hasil studi, PLTN dapat masuk ke dalam sistem pada tahun 2020 sebanyak 1 unit dengan penambahan rata-rata sebanyak 1 unit per tahun sehingga pada akhir tahun 2027 terdapat 8 unit PLTN terpasang. Sementara itu PLTU batubara masuk sebanyak 2 unit saja dan PLTGU tidak sama sekali. **Kata kunci:** pengembangan sistem kelistrikan, Batam, PLTN

### ABSTRACT

**GENERATION SYSTEM EXPANSION PLANNING OF BATAM WITH NUCLEAR OPTION.** As a special economy region, Batam needs a reliable and economic support of electricity. Some generating plants in Batam are still oil based, which slowly are taken place by gas plants. Batam electricity demand growth as much as 9.5% per annum, as stated by RUPTL Batam 2008, has lead to lack of electricity in the early 2020. Thus, generation expansion is an urgent need. Using IAEA's tool, WASP-IV, a study to derive a generation expansion plan is conducted. The candidate plants to compete in the study are coal fired power plant, combined-cycle gas power plant, and nuclear power plant (NPP), each of which is 100 MW in capacity. The expansion is based on the least cost out of the total of capital cost, fuel cost, operation and maintenance cost, salvage values, and the cost of energy not served. According to that principal WASP will look up for the cheapest combination among the three candidates. The study period is 2008 – 2027, discount rate 10%, and the price of gas and coal are based on the correlation with oil price as much as 60 US\$/barrel. The WASP output shows that nuclear is available as soon as 2020 for one unit. The number of NPP adds up by 1 unit per annum in average, and the total of NPP at the end of 2027 reach 8 units. Meanwhile, coal power plants are available in the late 2 years by 2 units only and gas power plants are none.

**Keywords:** generation system expansion, Batam, NPP

## **1. PENDAHULUAN**

Pertumbuhan ekonomi Batam yang mencapai 7,3 % di tahun 2008 atau di atas rata-rata nasional sebesar 6,1 % di tahun yang sama, menjadikan Batam sebagai wilayah ekonomi andalan bagi Indonesia dan khususnya bagi Propinsi Kepulauan Riau (Kepri)<sup>[1,2]</sup>. Untuk menunjang pengembangan industri di Batam kebutuhan akan investasi, terutama investasi asing, tidak dapat dielakkan. Akan tetapi, investor asing seringkali kurang tertarik berinvestasi di Indonesia karena kurangnya infrastruktur yang memadai, terutama listrik. Sebagai kawasan industri strategis yang berkonsentrasi pada industri manufaktur dan jasa, ketersediaan tenaga listrik yang murah dan handal adalah mutlak bagi Batam. Tidak hanya agar biaya produksi barang dan jasa dapat ditekan, namun juga agar kawasan ini tidak kehilangan daya tariknya bagi para investor di tahun-tahun mendatang.

Berdasarkan keputusan Menteri Negara Penanaman Modal dan Pembinaan BUMN selaku pemegang saham PT PLN (Persero) dalam surat No S-23/M-PM-PBMUN/2000 tanggal 23 Agustus 2000, pada tanggal 3 Oktober 2000, pengelolaan bisnis ketenagalistrikan di Batam dipercayakan kepada PT Pelayanan Listrik Nasional Batam (PT PLN Batam) dengan status sebagai anak perusahaan PT PLN (Persero)<sup>[3]</sup>. Saat ini sumber energi listrik di Batam masih didominasi oleh pembangkit diesel. Biaya pembangkitan pembangkit diesel diketahui sangat sensitif terhadap kenaikan harga bahan bakar. Kenaikan harga bahan bakar sebesar 2 kali lipat akan menaikkan biaya pembangkitan berbahan bakar minyak sebesar 70–85%<sup>[4]</sup>. Selain itu, harga minyak dunia yang cenderung meningkat menjadikan pembangkit diesel kurang kompetitif di masa mendatang. Pertumbuhan beban puncak di wilayah kerja PT PLN Batam pada tahun 2008 mencapai 9,5% per tahun dan angka ini dipertahankan untuk memproyeksikan beban puncak Batam hingga tahun 2027<sup>[5]</sup>. Jumlah tersebut belum mencakup kelompok konsumen yang belum terlayani oleh PLN Batam, sehingga bila memperhitungkan keduanya kebutuhannya menjadi lebih besar. Oleh karenanya Batam memerlukan sumber energi lain yang lebih kompetitif guna memenuhi kebutuhan listriknya di masa depan.

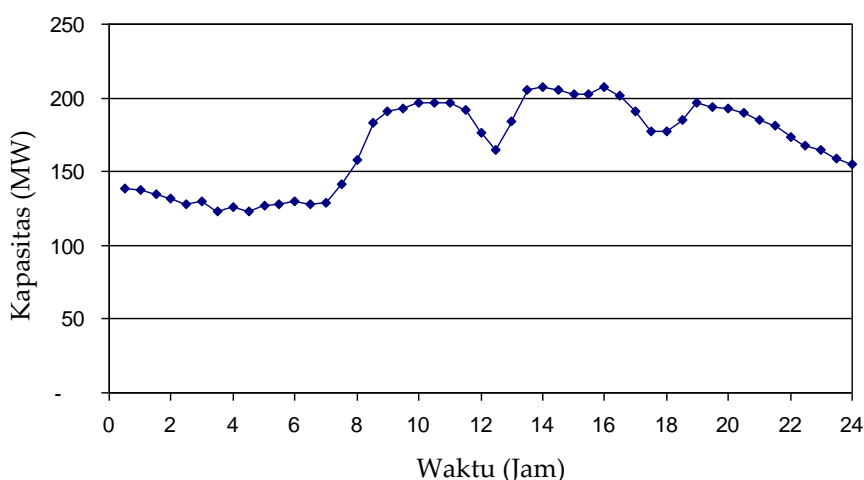
Pengembangan sistem kelistrikan semestinya tidak hanya memperhatikan aspek ekonomi semata, melainkan juga aspek lingkungan seperti masalah pencemaran udara dan emisi gas rumah kaca. Oleh karena itu dalam merencanakan pengembangan sistem, jenis pembangkit ramah lingkungan patut dipertimbangkan. Dengan demikian, pembangkit listrik tenaga nuklir (PLTN) dapat dipertimbangkan untuk pemenuhan kebutuhan tenaga listrik jangka panjang karena pengoperasian PLTN di banyak negara dipandang mampu menjawab tantangan keandalan, keekonomian, dan lingkungan.

Studi ini bertujuan untuk menyusun rencana pengembangan sistem kelistrikan Batam, berdasarkan kriteria ekonomi yakni biaya termurah dengan memasukkan opsi nuklir, dimana periode perencanaan meliputi tahun 2008–2027. Studi dilakukan menggunakan program WASP-IV, dengan hasil studi diharapkan dapat menjadi rujukan bagi pemegang otorita ketenagalistrikan Batam dalam merencanakan pengembangan sistem kelistrikan di masa depan.

## **2. SISTEM KELISTRIKAN WILAYAH BATAM**

### **2.1. Beban Puncak dan Kurva Beban Harian**

Beban puncak rata-rata sistem kelistrikan Batam pada tahun 2008 adalah 206 MW dan beban puncak tertinggi mencapai 227 MW yang terjadi pada bulan Nopember 2008<sup>[6]</sup>. Beban puncak harian Batam terjadi pada siang hari antara pukul 2 siang hingga pukul 4 sore (Gambar 1). Sebelum tengah hari yaitu antara pukul 10 sampai dengan 12 pagi, juga terjadi lonjakan beban namun tidak setinggi beban puncak harian<sup>[6]</sup>. Pola ini tipikal di wilayah industri dimana penggunaan listrik terbesar terjadi pada siang hari.



Gambar 1. Kurva Beban Harian Sistem Batam<sup>[6]</sup>

## 2.2. Sistem Pembangkit

Pada tahun 2008 PT PLN Batam memiliki Daya Mampu Netto (DMN) harian sekitar 73 MW yang dihasilkan dari 19 unit pembangkit gas turbin dan minyak. Untuk memenuhi kebutuhan yang ada, perusahaan melakukan kerja sama dengan Mitra/IPP dengan DMN 231 MW, sehingga pembangkit yang dikelola PT PLN Batam sampai dengan Triwulan III tahun 2008 memiliki DMN sebesar 304 MW. Tabel 1 berikut memperlihatkan data kapasitas terpasang sistem Batam pada tahun dasar studi, 2008.

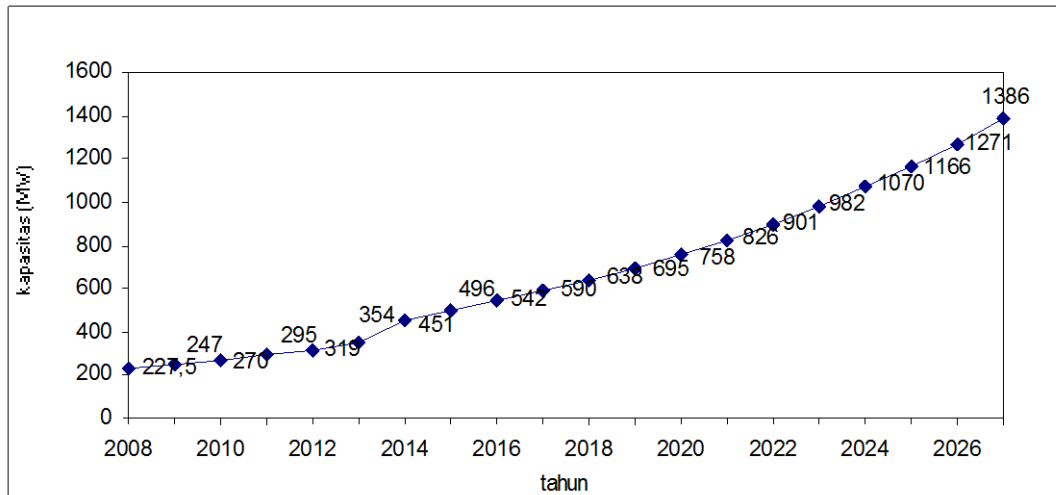
Tabel 1. Kapasitas Terpasang dan Daya Mampu Pembangkit Tahun 2008<sup>[5]</sup>

No	Nama Pembangkit	Jumlah Unit	Daya Terpasang (kW)	DMN (kW)
<i>Pembangkit Sendiri</i>				
1.	PLTD Batu Ampar	1	1.048	700
2.	PLTD Batu Ampar I	3	23.040	10.500
3.	PLTD Batu Ampar II	2	21.720	15.000
4.	PLTD Sekupang II	4	18.000	15.400
5.	PLTD Baloi	2	24.688	20.300
6.	PLTD Tanjung	3	15.654	7.800
7.	KI Tunas	1	2.100	-
8.	KI Latrade	2	3.500	2.900
9.	Top 100 Jodoh	1	1.600	800
	<i>Total Pembangkit Sendiri</i>	19	111.350	73.400
<i>Pembangkit Mitra/IPP</i>				
1.	PLTG Panaran I	2	57.200	55.000
2.	PLTG Panaran II	2	63.200	61.500
3.	PT. Jembo	3	28.080	20.800
4.	PLTMG Kabil I	3	18.000	17.400
5.	PLTMG Kabil II	4	12.000	11.400
6.	TM 2500	1	18.000	18.000
7.	Aggreko I	20	23.000	21.800
8.	Aggreko II	10	11.000	10.000
9.	PLTMG Jembo II	4	16.000	15.200
	<i>Total Pembangkit Mitra</i>	49	246.480	231.100
	<b>Total Pembangkit</b>	<b>68</b>	<b>357.830</b>	<b>304.500</b>

### 2.3. Perencanaan Pengembangan

#### a. Proyeksi beban puncak

Proyeksi beban puncak sistem Batam mengacu pada RUPTL 2008 dengan pertumbuhan tetap sebesar 9,5% per tahun dan rencana interkoneksi Batam-Bintan pada tahun 2014<sup>[5]</sup>. Proyeksi beban puncak pada RUPTL Batam 2008 hanya sampai tahun 2017. Sementara itu proyeksi beban puncak untuk tahun 2018 sampai 2027 dilakukan dengan cara ekstrapolasi dengan pertumbuhan yang sama yaitu 9,5% per tahun sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Proyeksi Beban Puncak

#### b. Pembangkit yang akan dikembangkan

Rencana pengembangan sistem didasarkan pada kebutuhan listrik yang direpresentasikan dalam beban puncak sistem. Hingga akhir periode studi, kapasitas terpasang sistem hasil pengembangan harus mampu melayani kebutuhan beban puncak ditambah dengan kapasitas cadangan. Dalam studi ini telah ditetapkan bahwa kapasitas terpasang harus berada dalam rentang nilai antara 10% di atas beban puncak (*lower reserve margin*) dan 30% di atas beban puncak (*upper reserve margin*)

Kandidat pembangkit yang akan dikompetisikan dalam pengembangan sistem Batam adalah PLTU batubara, PLTGU, dan PLTN, masing-masing dengan kapasitas 100 MW. Biaya kapital untuk PLTGU adalah 850 US\$/kW, PLTU sebesar 1400 US\$/kW dan PLTN sebesar 3000 US\$/kW. Data teknis dan ekonomi pembangkit kandidat selengkapnya ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Spesifikasi Pembangkit Kandidat

No.	Jenis Pembangkit	Kapasitas (MW)	Biaya Kapital (USD)	Heat rate (Kcal/kWh)	Pembangunan (tahun)	Forced Outage Rate (%)
1.	PLTGU	100	850	1911	2	12
2.	PLTN	100	3000	2300	5	7
3.	PLTU	100	1400	2309	3	10

#### c. Asumsi harga bahan bakar

Harga gas dan batubara didasarkan pada data statistik dan proyeksi yang dibuat oleh *International Energy Agency* (IEA), terdapat korelasi perubahan harga minyak dengan harga batubara maupun gas. Perbandingan harga minyak dan batubara sebesar 1,15 dan

perbandingan harga gas terhadap harga minyak adalah 0,13<sup>[7]</sup>. Mengacu pada korelasi tersebut, dengan perkiraan OPEC untuk harga minyak sebesar US\$ 60 per barrel akan didapat harga gas dan batubara masing-masing sebesar 7,8 US\$/MMBTU dan 70 US\$/ton. Tabel 3 memuat asumsi harga bahan bakar yang digunakan dalam studi.

**Tabel 3. Harga Bahan Bakar**

Jenis Bahan Bakar	Harga	Nilai Kalor
Minyak	60,0 US\$/barrel	11.000 Kkal/kg
Gas	7,8 US\$/MMBTU	252.000 Kkal/MMBTU
Batubara	70,0 US\$/ton	5.300 Kkal/kg

Harga bahan bakar nuklir sangat dipengaruhi oleh harga uranium alam ( $U_3O_8$ ). Semakin besar harga  $U_3O_8$ , biaya bahan bakarnya semakin mahal. Terdapat 4 parameter yang paling mempengaruhi besarnya biaya daur terbuka, yaitu harga  $U_3O_8$ , biaya konversi, harga *separative work* dan biaya fabrikasi. Untuk menghasilkan satu kilo gram bahan bakar nuklir (U-235) diperlukan  $U_3O_8$  sebesar 8,9 kg. Setelah mengalami proses konversi 8,9 kg  $U_3O_8$  tersebut akan menyusut menjadi 7,5 kg dan setelah mengalami proses pengayaan akan menyusut menjadi 7,3 kg. Pada akhir proses pengayaan akhirnya akan menghasilkan 1 kg U-235. Besarnya biaya setiap proses tahapan pembuatan bahan bakar nuklir tercantum seperti pada Tabel 4.

**Tabel 4. Rincian Harga Bahan Bakar Nuklir<sup>[8]</sup>**

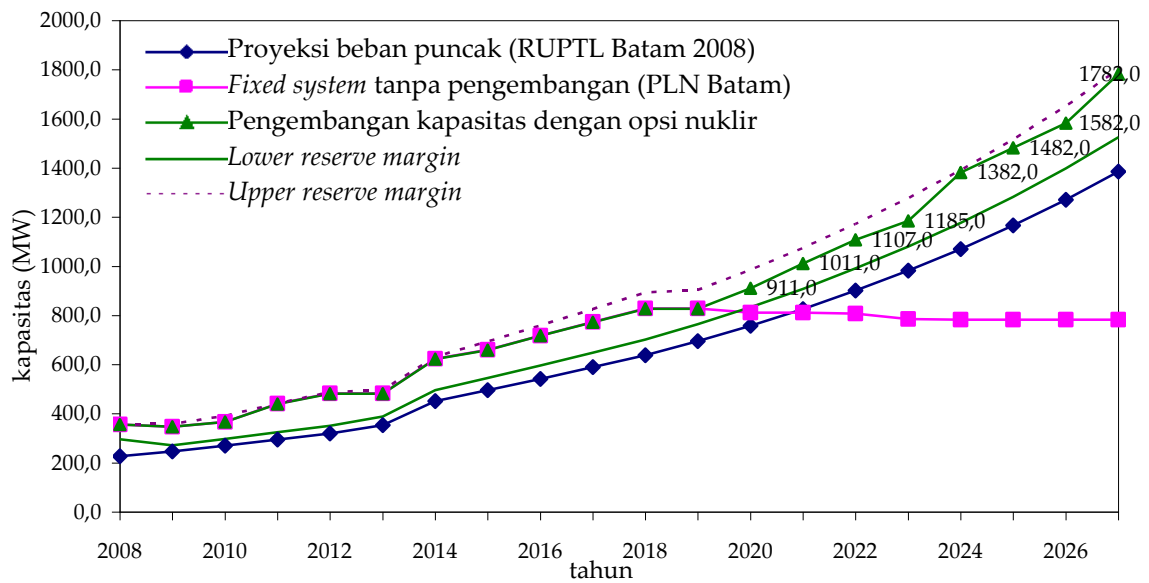
No	Parameter	Jumlah Bahan (kg)	Biaya Proses (US\$/kg)	Jumlah Biaya (US\$)
1.	Pembelian Uranium Alam	8,9	53	472
2.	Biaya Konversi	7,5	12	90
3.	Biaya Pengayaan	7,3	135	985
4.	Biaya Fabrikasi	1,0	240	240
Total Biaya per kg U-235				1787

Jika nilai bakar (*burn-up*) bahan bakar nuklir adalah 45.000 MWd/ton, yang akan menghasilkan listrik sebesar 360.000 kWh, maka biaya bahan bakarnya menjadi 0,50 cent/kWh atau 192,5 US\$/m.kkal.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

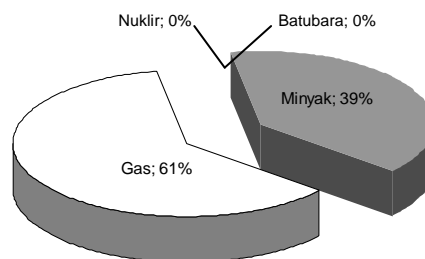
Berdasarkan RUPTL, kebutuhan listrik sudah akan terpenuhi sampai tahun 2019<sup>[5]</sup> yang diperoleh dari pembangkit yang ada (*existing*) dan proyek-proyek yang telah direncanakan hingga tahun 2027 (pembangkit *committed*). Akan tetapi jika PT PLN Batam tidak melakukan pengembangan sistem maka pada tahun 2020 kapasitas cadangan sistem mulai berkurang sehingga diperlukan penambahan pembangkit untuk memenuhi proyeksi beban puncak hingga akhir tahun 2027. Perencanaan pengembangan sistem dalam studi ini, yang dilakukan dari tahun 2020 sampai tahun 2027 merupakan studi pengembangan yang dilakukan dengan memasukkan opsi nuklir.

Rencana pengembangan ditunjukkan pada Gambar 3. Dalam rencana pengembangan ini, kriteria kapasitas cadangan sistem pada tahun 2020-2027 adalah sebesar 10-30% dari beban puncak. Kandidat pembangkit akan mengisi kekurangan daya sistem hingga memenuhi rentang tersebut. Pada akhir tahun studi (2027) kapasitas terpasang untuk memenuhi kebutuhan listrik adalah sebesar 1.782 MW.



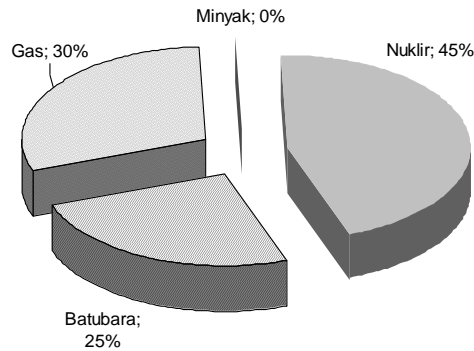
**Gambar 3. Pengembangan Kapasitas Sistem Batam**

Pada tahun 2008, komposisi pembangkit di sistem kelistrikan Batam didominasi oleh pembangkit berbahan bakar gas sebesar 61% dan sisanya dari minyak sebesar 39%, seperti ditunjukkan pada Gambar 4. Ketergantungan akan gas dan minyak ini akan dikurangi dengan pembangkit berbahan bakar batubara dan nuklir. Hal ini mengingat akan harga dan ketersediaan minyak dan gas di masa depan. Harga minyak dan gas cenderung meningkat dan ketersediaannya akan semakin menipis.



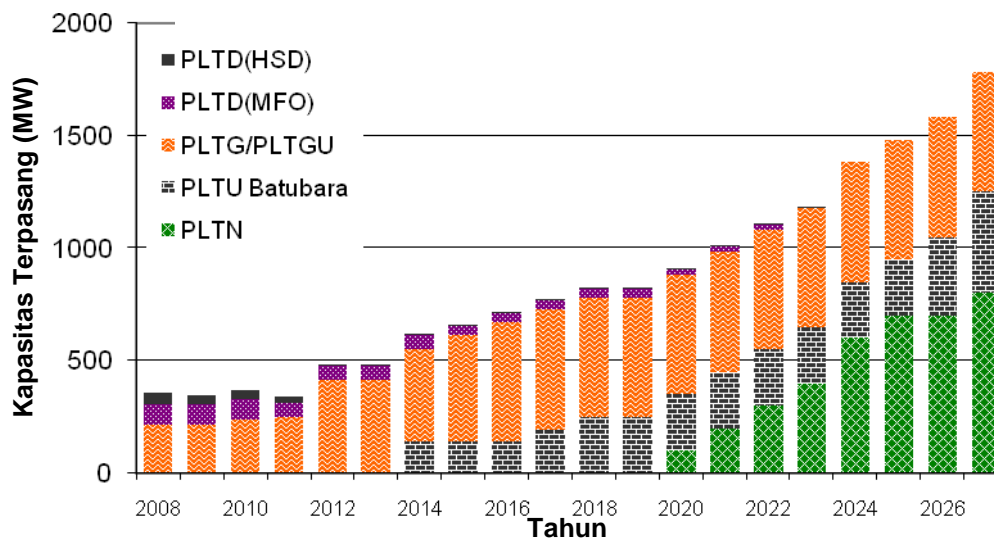
**Gambar 4. Komposisi Pembangkit Berdasarkan Bahan Bakar Tahun 2008**

Berdasarkan optimasi pengembangan sistem, pada akhir tahun studi kontribusi minyak berkurang hingga menjadi nol persen sedangkan gas berkurang menjadi 30%. Sebagai gantinya, batubara dan nuklir berkontribusi dengan masing-masing sebesar 25% dan 45%, seperti ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Komposisi Pembangkit Berdasarkan Bahan Bakar Tahun 2027

PLTN mulai dapat berkontribusi pada sistem kelistrikan Batam tahun 2020 sebesar 2 unit dengan kapasitas 200 MW. Pada tahun berikutnya ada penambahan rata-rata 1 unit, kecuali pada tahun 2024 sebanyak 2 unit, dan pada tahun 2026 tak ada penambahan sehingga total kapasitas sampai akhir tahun studi adalah 8 unit PLTN atau sebesar 800 MW. Sedangkan pada 2 tahun terakhir ada tambahan 2 unit PLTU batubara.



Gambar 6. Kapasitas Terpasang per Tahun Berdasarkan Jenis Bahan Bakar

Secara keseluruhan, kondisi kapasitas terpasang sistem Batam per tahun per jenis bahan bakar ditunjukkan pada Gambar 6. Sebelum tahun 2020 tidak ada penambahan pembangkit, sehingga seluruh kapasitas berasal dari pembangkit *existing* maupun pembangkit *committed*. Sementara itu pembangkit gas yang ada hingga akhir 2027 hanya berasal dari pembangkit *existing* maupun pembangkit *committed*. Pembangkit gas terakhir kali ditambahkan pada tahun 2016 dan pada tahun-tahun selanjutnya tidak ada lagi penambahan pembangkit gas. Total penambahan kapasitas oleh kandidat pembangkit hingga akhir 2027 adalah sebesar 1000 MW dan total kapasitas terpasang sistem di akhir periode studi adalah 1782 MW.

Tidak adanya pembangkit gas yang masuk menunjukkan bahwa pembangkit nuklir dan batubara lebih kompetitif. Jika melihat data biaya kapital PLTGU yang hanya 850 US\$/kW dan merupakan yang termurah di antara ketiga pembangkit kandidat, maka ketidakmunculan PLTGU dalam pengembangan sistem besar kemungkinan disebabkan

oleh mahalnnya harga bahan bakar gas yaitu mencapai 3094 sen US\$/juta kkal. Sementara itu harga batu bara berharga 1320 sen US\$/juta kkal dan nuklir hanya 628 sen US\$/juta kkal.

Sejak pertama kali mulai berkontribusi pada tahun 2020 hingga tahun 2027, nuklir telah membangkitkan energi sebesar 28417 GWh. Dalam selang waktu 8 tahun tersebut, biaya bahan bakar yang dibutuhkan oleh pembangkit nuklir adalah 410,4 juta US\$. Sementara itu, pembangkit batu bara hingga akhir periode studi membangkitkan 20129 GWh dengan total biaya bahan bakar 638,8 juta US\$, sedangkan pembangkit gas membangkitkan energi sebesar 32022 GWh dengan kebutuhan biaya bahan bakar sebesar 3646,9 juta US\$. Total pembangkitan energi listrik selama periode studi yang mencapai 81107 GWh.

#### **4. KESIMPULAN DAN SARAN**

##### **4.1. Kesimpulan**

Dari hasil optimasi pengembangan dan pembahasan dapat diambil beberapa kesimpulan terkait dengan pengembangan kelistrikan Batam dengan opsi nuklir yaitu:

1. Peran energi minyak dan gas pada sistem kelistrikan Batam akan berkurang. Kontribusi minyak dari 39% di tahun 2008 akan menjadi nol persen di akhir tahun studi, dan gas akan berkurang dari 61% menjadi 30%.
2. PLTN akan menjadi solusi alternatif yang menarik pada kondisi harga minyak tinggi. PLTN akan mulai berperan pada sistem perencanaan kelistrikan Batam mulai tahun 2020 sebanyak 2 unit atau 200 MW, dan secara bertahap akan bertambah hingga akhir tahun studi sebanyak 8 unit.

##### **4.2. Saran**

Peran energi nuklir disamping sebagai pemasok beban dasar yang andal juga dapat menekan laju emisi CO<sub>2</sub> dari pembakaran bahan bakar fosil seperti batu bara. Oleh karena itu, kajian mengenai emisi dan dampaknya dalam sistem pembangkitan Batam sangat disarankan untuk dilakukan.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

- [1] \_\_\_\_\_, "Optimisme Ekonomi Batam", [http://batampos.co.id/Pro\\_Bisnis/Pro\\_Bisnis/Optimisme\\_Ekonomi\\_Batam\\_2009.html](http://batampos.co.id/Pro_Bisnis/Pro_Bisnis/Optimisme_Ekonomi_Batam_2009.html), diakses tanggal 25 November 2009.
- [2] BPS, "Berita Resmi Statistik: Pertumbuhan Ekonomi Indonesia Tahun 2008", [www.bps.go.id/brs\\_file/pdb-16feb09.pdf](http://www.bps.go.id/brs_file/pdb-16feb09.pdf), diakses tanggal 25 November 2009.
- [3] PLN BATAM, "Sejarah PLN Batam", <http://www.plnbatam.com/bright/sejarah.asp>, diakses tanggal 1 Januari 2010.
- [4] SALIMY, DJATI H., FINAHARI, IDA N., MASDIN, "Efek Biaya Bahan Bakar Terhadap Biaya Pembangkitan Listrik", Jurnal Emas 2(10): 120 – 134. 2004.
- [5] PLN BATAM, "Rencana Usaha Pengadaan Tenaga Listrik (RUPTL) 2008", 2008.
- [6] PLN BATAM, Kurva Beban Tahun 2008, <http://ldc.plnbatam.com/ldc>, diakses tanggal 20 April 2009.
- [7] INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, "World Energy Outlook 2006", [www.iea.org](http://www.iea.org), 2006.
- [8] WORLD NUCLEAR ASSOCIATION, "The Economic of Nuclear Power", Information Papers, April 2008.